

# ハイブリッドショベル

## SK80H

鹿児島 昌之

近年、地球温暖化防止や経済性などの観点から、建設機械においても作業中の化石燃料消費量を低減することが求められてきている。建設機械の中でも最も稼働台数の多い油圧ショベルに関しては、これまでも油圧機器やエンジンの損失低減などに取り組んできてはいるが、省エネ化への要求はますます加速する傾向にあり、それに更に応える為にはシステムを大胆に変革させる必要がある。その対策の一つとして注目されているのが、自動車を初め多くのシステムで用いられているハイブリッドシステムの適用である。

本稿では、8t級ショベルを対象にハイブリッドシステムを採用したハイブリッドショベル SK80H について紹介する。

キーワード：油圧ショベル，ハイブリッドシステム，エンジン，発電電動機，旋回電動機，動力バッテリー

### 1. はじめに

近年、温室効果ガス排出による地球温暖化防止への関心が高まり、省エネ技術がますます注目されている。

それに応えるように自動車業界では、電動機の高性能化、インバータなどパワーエレクトロ技術の進歩、NiMH/Liイオンなどバッテリー技術の進歩などにより、ハイブリッドシステムがすでに商品化され、さらに電気自動車も実用化されつつある<sup>1), 2)</sup>。

1999年より新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)他と共同で、シリーズハイブリッドシステムを採用した油圧ショベルの研究を行い、また、その一環として8t級ショベルをベースとしたより実用的なシステムの商品開発を行ってきた。このたび、上

記技術の進歩を反映し、量産機としてのハイブリッドショベル SK80H を完成させた。

### 2. ハイブリッド化の狙い

油圧ショベルは、ブーム、アーム、バケット、旋回、左右走行など複数のアクチュエータを有しており、油圧ポンプで発生するパワーをこれらのアクチュエータで分配しあうことで、動作を可能としている。

また、掘削などの高負荷作業と水平引き・均しなどの低負荷作業を短時間で繰り返すため、これらのアクチュエータは大きな負荷変動を受ける。

一般的な油圧ショベル作業の動力を図-1に示す。図-1は8t級油圧ショベルによる掘削作業1サイク

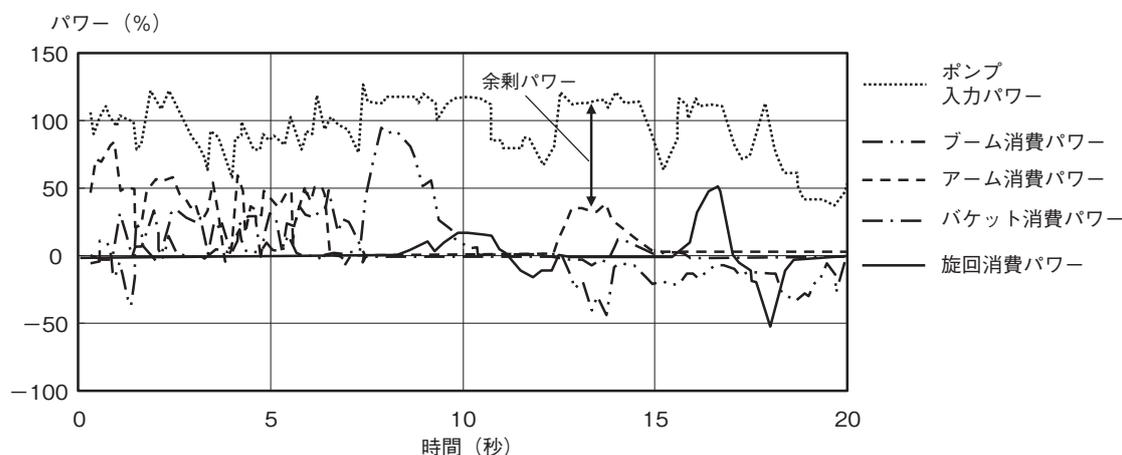


図-1 油圧ショベル動力

ル分のポンプ入力パワーに対し各アクチュエータパワー消費データを示した一例である。

従来の油圧ショベルでは、図-1からわかるように最大負荷に対応できる動力を油圧ポンプから供給しており、各アクチュエータのパワーが低い場合でも、ポンプパワーはあまり下がらず、その余剰パワーを熱として放出している。これは、各操作のフィーリングを向上させる為に織り込んである操作系損失、あるいは作業装置の下降及び旋回停止時などに消費される位置・運動エネルギーの放出によるものである。

逆にこれらを有効利用することにより大胆な燃料消費低減が可能と判断した。

これらの状況を踏まえ、油圧ショベルのハイブリッド化については、以下のような狙いでシステム開発を行った。

・旋回電動化

旋回電動化による回生パワーの再利用、旋回部の大幅な損失削減と旋回と他アクチュエータの複合動作時に生じる分配ロスを低減。

・油圧部損失低減

ポンプ、バルブなど機器や配管の見直しによる油圧損失低減。

・電動機によるエンジンアシスト

バッテリーと電動機によりエンジンを積極的にアシストすることでエンジンの小型、高効率運転を実現。

### 3. ハイブリッドショベル

#### (1) システム構成

図-2に開発したハイブリッドシステムの構成を示す。8t級ショベルを対象とし、シリーズパラレルハイブリッドシステムでショベルを構成した。従来ショベルは、エンジンにより駆動される油圧ポンプからパワーを各アクチュエータに配分しているが、本システムではエンジンと発電電動機の両方のパワーでポンプを駆動している。これにより、高負荷時は動力バッテリーパワーを発電電動機に供給しエンジンをアシストさせている。また軽負荷時には発電電動機を発電動作させエンジンの余剰パワーをバッテリーに充電させている。以上のことから、エンジンの出力パワーを平準化でき、従来より小型のエンジンを搭載することが出来た。

制御については図-2のように、電動機コントローラ、動力源・油圧統合コントローラなど複数のコントローラで構成されこれらが協調して制御を行っている。

#### (2) ハイブリッドショベルの作動

図-3にハイブリッドショベルの作動を示す。図-3は掘削作業時のハイブリッド動力源動作図とパワーグラフを示している。動作図①～⑤はそれぞれ動作グラフ上の図番号に対応している。

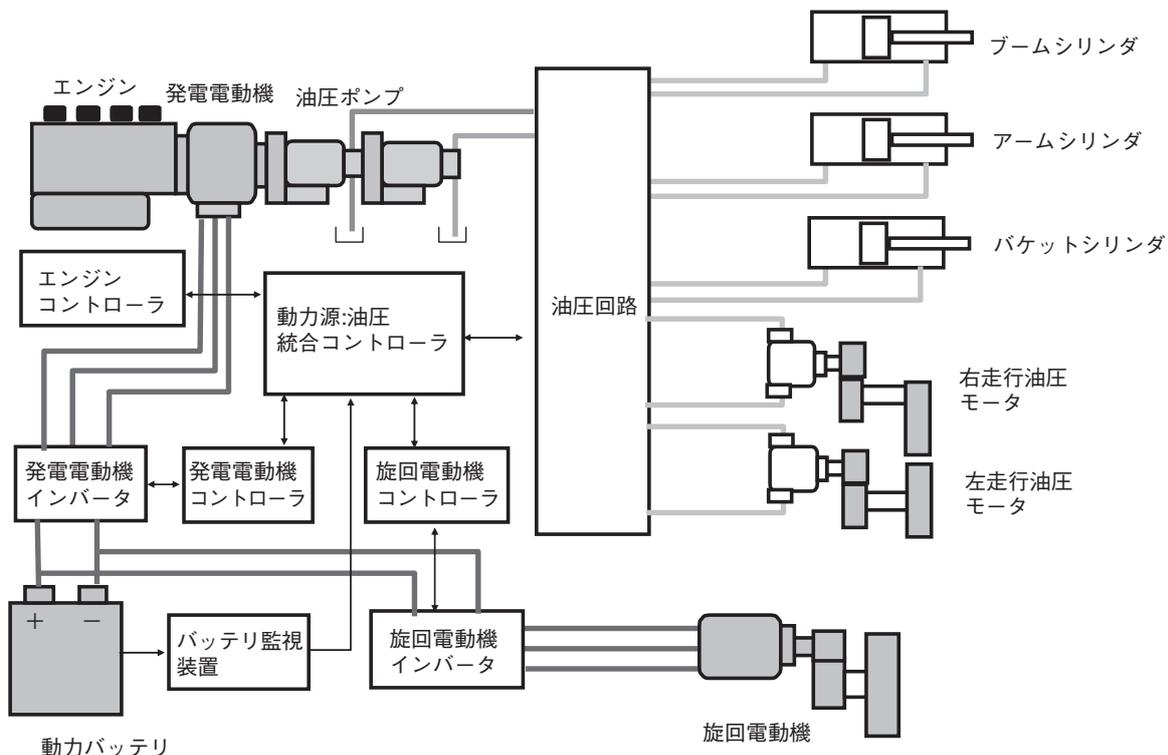
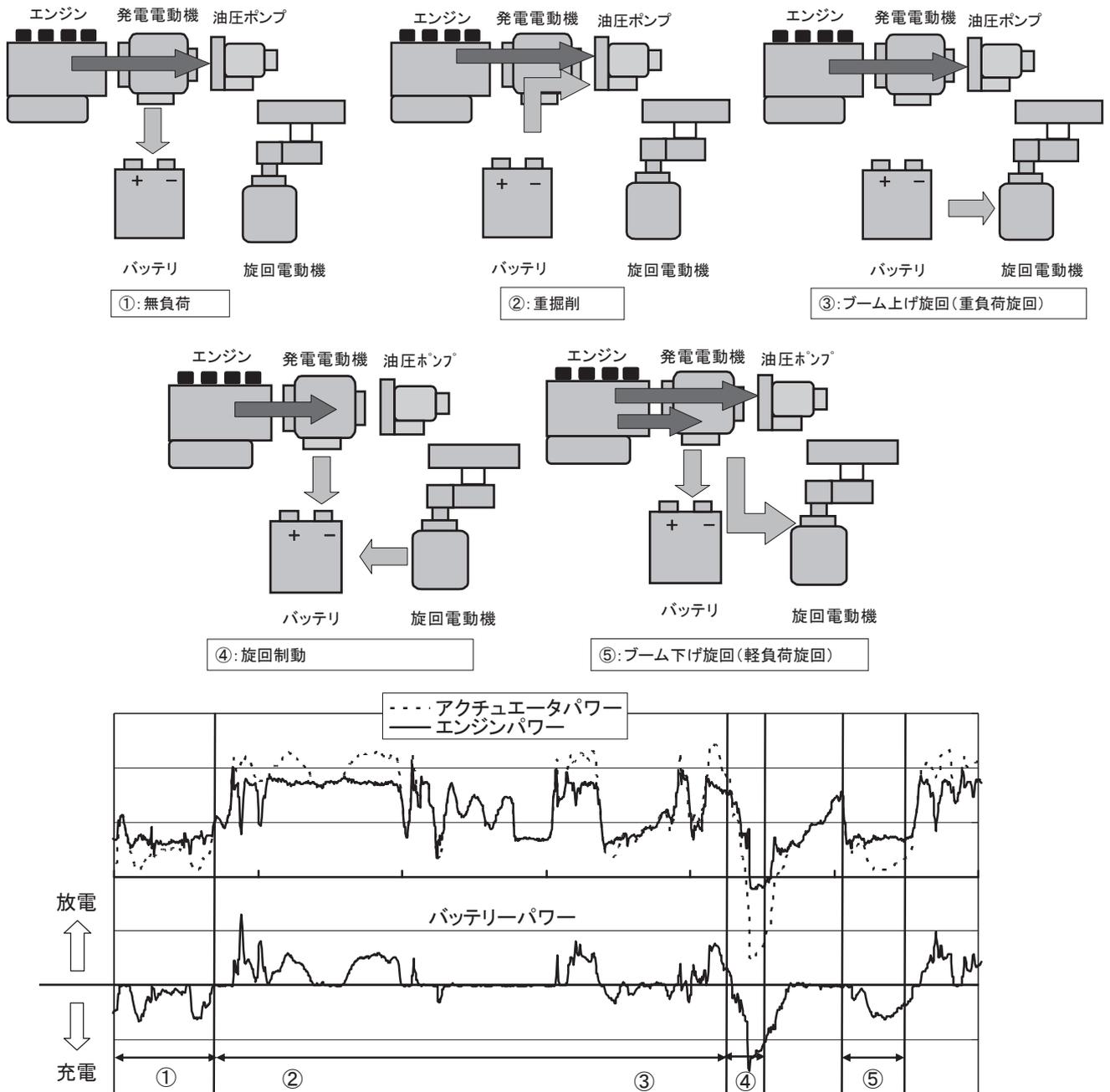


図-2 ハイブリッドショベル構成



①無負荷

無負荷時は、バッテリーの充電量が一定値以下の場合エンジンで発電機を駆動し、このパワーをバッテリーに充電する。

②重掘削（旋回動作なし）

重掘削時はエンジンでポンプを駆動するとともにバッテリーのパワーで発電電動機を駆動し、エンジンをアシストする。

③ブーム上げ旋回（重掘削旋回）

旋回動作を含む重掘削時には、エンジンで油圧ポンプを駆動し、バッテリーのパワーで旋回電動機を駆動する。

④旋回制動

旋回減速時は、旋回の回生電力をバッテリーに充電するとともに、更に、エンジンにより発電された発電電動機の電力もバッテリーに充電する。

⑤ブーム下げ旋回（軽負荷旋回）

油圧駆動時のエンジン余剰パワーで発電し、この電力で旋回電動機を駆動するとともに、更にバッテリーにも充電する。

(3) ハイブリッド機器

表-1 に機器スペックを示す。

機器スペックからわかるように、発電電動機によ

表一 1 機器スペック

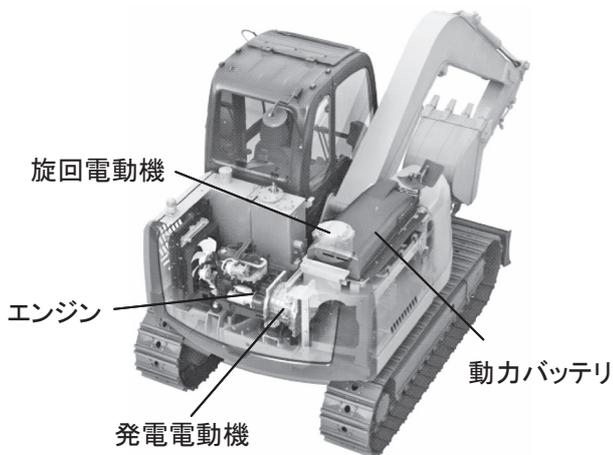
エンジン	定格出力 27 kW/1800 min <sup>-1</sup>
バッテリー	ニッケル水素バッテリー
	定格電圧 288 V
発電電動機	三相交流同期形永久磁石式
	定格出力 10 kW/1800 min <sup>-1</sup>
旋回電動機	三相交流同期形永久磁石式
	定格出力 8 kW/1890 min <sup>-1</sup>

るアシストを積極的に行うことで、従来8t級では40 kW程度のエンジン出力が必要であったものが、これより一回り小さなエンジンで従来機と同等の作業でのスピード及びパワーを実現することが出来た。

電動機は発電、旋回ともに、永久磁石式の同期電動機を使用しており、これとインバータ制御を組み合わせ高効率化を実現している。

また、バッテリーに関しては、乗用車クラスのハイブリッド自動車で用いられるものと同クラスの容量の物を採用した。

図一4に機器配置を示す。一般の油圧ショベルに比べ新たにバッテリー、発電電動機、旋回電動機などの主要機器が追加された構成である。



図一4 ハイブリッド機器配置

(4) SK80H 外観

国土交通省においてハイブリッド機構を有した建設機械（ハイブリッド油圧ショベル）の認定が行われ、SK80Hは、第1号として認定を受けた。SK80Hの外観を写真一1に示す。

またSK80Hの主要諸元を表一2に示す。

4. ハイブリッド化による効果

(1) 燃料消費低減効果

ハイブリッド油圧ショベルの燃費評価については、



写真一1 SK80H 外観

表一2 諸元表

定格出力	27.0kW@1,800 min <sup>-1</sup>
最高走行速度	5.3 km/h
標準バケット容量	0.28 m <sup>3</sup>
機械質量	8,330 kg

これまでは各社各様で評価していた。そこでハイブリッドショベル開発初期においては、管工事を想定した独自の燃費評価モードを設定し、燃費評価を実施してきた<sup>3)</sup>。

このたび社団法人日本建設機械化協会規格(JCMAS)により新基準<sup>4)</sup>が制定される予定である。本試験方法は、掘削/積込み動作、ならし動作、走行動作、アイドリングの各動作を総合的に評価したものである。

図一5にJCMAS新基準(案)における燃費計測結果を示す。図一5では従来機の燃料消費を100%としたときの各作業時の燃料消費を示している。掘削・積込み作業の場合、40%近い燃料消費効果があることが判る。

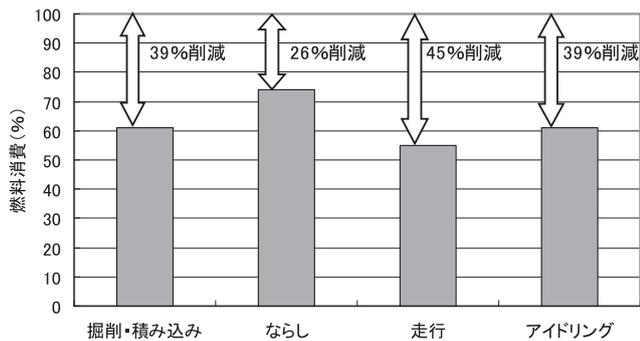


図-5 燃費

(2) 騒音低減効果

ハイブリッド化による騒音低減効果を計測した。主に同クラスのショベルと比較してエンジンの小型化による騒音低減効果が大きい。基準値よりも約3 dB(A)低い90 dB (A)と大幅な低騒音化を達成し、国土交通省の「超低騒音型建設機械」の認定を受けている。

5. まとめ

建設機械の省エネルギー化のための方策として8t級油圧ショベルを対象に、ハイブリッドショベルSK80Hを開発した。

ハイブリッド化により、エンジンを小型化でき、燃費を40%低減するとともに大幅な低騒音化を達成した。

しかし、このようなハイブリッドショベルを市場へ広く普及させるにはまだ多くの課題が残っている。

今後はこの燃費性能を確保しつつ上記課題であるコストあるいは生産性等を改善していくことが重要である。

最後になりますが、本研究・開発に多大な協力を頂きました新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO) および(株)神戸製鋼所の開発スタッフに謝意を申し上げます。

JCMA

《参考文献》

- 1) 近藤宏一ほか、ハイブリッド車用電気式4WDシステムの開発、自動車技術会学術講演会前刷集 No.101-01, p.13-16, 2001年
- 2) 佐々木正和ほか、キャパシタハイブリッドバスシステムの開発、自動車技術会学術講演会前刷 No.102-01, p.9-14, 2001年
- 3) 小見山昌之ほか、6トンクラス油圧ショベルのエネルギー効果評価モード、建設の機械化, N0626, p.28, 2002年
- 4) (社)建設機械化協会、土木機械—エネルギー消費改善の確認試験方法(案) JCMAS H020 : 2010

[筆者紹介]

鹿見島 昌之 (かごしま まさゆき)  
 コベルコ建機(株)  
 要素開発部  
 マネージャー

